

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

“DE QUEBRADA SIN NOMBRE”

PROYECTO

**INTERCONEXIÓN VILLA LUCRE EL CRISOL - CORREDOR
NORTE**

PROPIETARIO

LUCRETES, S. A.

UBICACIÓN

**CORREGIMIENTO ARNULFO ARIAS, DISTRITO DE SAN
MIGUELITO, PROVINCIA DE PANAMÁ**

OCTUBRE DE 2020

I - ESTUDIO HIDROLÓGICO

En la región de Centroamérica posiblemente, Panamá es uno de los países, en que los fenómenos físicos climáticos ocurren con menor intensidad. Los huracanes que afectan el Caribe, en la mayoría de los casos, dejan sentir sus efectos en nuestro país, porque activan la Zona de Convergencia Intertropical (ZCI), intensificando las lluvias. Afortunadamente, Panamá se ubica fuera de la ruta que generalmente siguen estos fenómenos meteorológicos.

Nuestro país al igual que los países centroamericanos, de manera recurrente, se ven afectados por variaciones, climáticas de carácter interanual, originadas tanto por condiciones locales, como por señales climáticas de alcance mundial, las cuales ejercen gran influencia en todos los aspectos de la sociedad. Son eventos naturales que generan desastres sociales por la magnitud de las transformaciones, efectuadas a la naturaleza. Estos eventos ocasionan, cuantiosas pérdidas económicas y en vidas humanas.

A - ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS DEL ÁREA DE LA CUENCA EN ESTUDIO:

A-1 - EL CLIMA

El clima del área en estudio está influenciado, por la migración anual de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCI), la cual divide los vientos alisios del noreste y sureste de los hemisferios sur y norte, respectivamente.

La Zona de Convergencia Intertropical se caracteriza por un área nubosa debido a la convergencia de las corrientes opuestas de aire, la cual genera mayor cantidad de lluvias.

Durante la ausencia de la banda nubosa, la cantidad de lluvia disminuye, situación que da lugar a una pronunciada estación seca, más o menos intensa en la Vertiente del Pacífico y ligera en la Atlántica.

Las lluvias en la Vertiente Atlántica, presentan un comportamiento diferente al que ocurre en el Sector Pacífico, en el Atlántico, especialmente en las regiones central y noroeste del país, por lo general llueve todo el año, debido al efecto de la actividad frontal. En la Vertiente del Pacífico, se producen altas presiones durante la estación lluviosa y muy baja durante la estación seca.

De acuerdo a estudios realizados, por el antiguo Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación (IRHE), otras de las causas de las lluvias

en Panamá, la constituyen las tormentas que se forman en las costas pacíficas de Colombia, donde las masas de aires caliente que ascienden por la costa pacífica, desde Colombia hacia Panamá, concentran una gran cantidad de humedad sobre la cordillera. Esta concentración de humedad, produce las tormentas que ocurren en la Vertiente del Pacífico Panameño, las cuales se extienden hasta la cuenca en estudio.

Según la clasificación de Köppen, el clima de la cuenca de la Quebrada sin Nombre, es denominada, tropical de sabana, la cual presenta una precipitación anual, menor de 2,500 mm. y de estación seca prolongada, temperatura media del mes menos caluroso, mayor de 18°C y con diferencia de temperatura, entre los meses más y menos cálidos, menor de 5°C.

A-2 - LA PRECIPITACIÓN

Las precipitaciones en el área de estudio, generalmente con convectivas y orográficas. Las corrientes marinas, con altas temperaturas, favorecen el calentamiento y la evaporación. A medida que el aire cargado de humedad se desplaza hacia la tierra, las masas de aire tropiezan con las barreras montañosas, dando origen a precipitaciones con valores de hasta 3,200 mm/año, en el área de la capital. En la cuenca de la Quebrada sin Nombre la precipitación

promedio anual es de aproximadamente 2,300 mm. En su parte alta y de 2,100 en su parte baja.

El mes con más baja precipitación es febrero, con una precipitación promedio de 16.2 mm. y el mes más lluvioso es octubre con 610.1 mm. Lo que representa una diferencia significativa. Como referencia de las lluvias registradas en el área de la cuenca, el Cuadro A-2.1, presenta la distribución mensual de lluvia, para tres estaciones, dentro de la región en estudio.

CUADRO A-2.1: DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE LAS LLUVIAS EN LAS ESTACIONES DE CERRO AZUL, LAS CUMBRES Y TOCUMEN.

Precipitación media anual (mm) período: 1971 – 1995

MES	CERRO AZUL	LAS CUMBRES	TOCUMEN
Enero	34.3	26.6	27.0
Febrero	16.2	7.3	10.3
Marzo	19.8	10.3	12.8
Abril	147.4	124.5	64.5
Mayo	421.6	249.6	223.1
Junio	362.2	260.3	241.2
Julio	338.8	258.2	167.5
Agosto	356.2	266.9	241.9
Septiembre	499.0	292.1	245.0
Octubre	610.1	331.5	348.4
Noviembre	335.6	236.1	240.4
Diciembre	128.0	103.6	85.1
Total, Anual	3269.2	2167.0	1907.2

A-3 - TEMPERATURA

La temperatura en el área de estudio, se caracteriza por la poca variación estacional, con una diferencia promedio de 2°C. Como ilustración, se muestra el cuadro A-3.1, con los registros de temperatura de la estación de Tocumen, durante el período de 1991 a 1993.

Cuadro A-3.1: Temperaturas registradas en la estación de Tocumen.

T°C	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Promedio	26.2	26.6	27.2	27.6	27.2	26.9	26.7	26.6	26.3	26.1	26.3	26.3	26.7
Mínima	20.8	20.9	21.5	22.2	23.2	23.2	22.8	22.6	22.8	22.6	22.5	21.3	22.2
Máxima	31.8	32.4	33.0	32.9	31.3	30.5	30.7	30.6	30.0	29.7	30.2	31.3	31.2

Según el Cuadro A-3.1, la temperatura promedio mensual máxima es de 27.6°C, en el mes de abril, mientras que la temperatura promedio mensual mínima es de 20.8°C y se produce en el mes de enero, lo que da como resultado una variación de 6.8°C.

A-4 - LOS VIENTOS

Los registros disponibles de la velocidad del viento, en el área de estudio, indican el promedio de los vientos alisios en la estación seca, aun cuando también, se presentan los vientos Oeste Sinópticos y Oeste Ecuatoriales.

Durante la estación seca en el área en estudio, los vientos alisios, soplan en el sentido norte a una velocidad promedio de 2.4 m/s a 10m. de altura y de 1.0 m/s a 2.0 m del suelo. Por otro lado, durante la estación lluviosa la velocidad del viento disminuye, es de 1.6 m/s a 10.0 m de altura y de 0.6 m/s a 2.0 m de la superficie del suelo.

El cuadro A-4.1, presenta la velocidad promedio del viento, medida en 10 m y 2.0 m sobre la superficie.

Cuadro A-4.1: velocidad promedio del viento del área en estudio.

Altura	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
10.0 m	2.2	2.4	2.4	2.2	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.9	1.9
2.0 m	0.9	1.0	1.0	1.0	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7

A-5 - HUMEDAD RELATIVA

Los valores de humedad relativa, son elevados en la región. Con un promedio anual de 78.3% y valores máximo y mínimo de 86.5% y 71.6% respectivamente. El mes con mayor humedad relativa es octubre.

B - ESTIMACIÓN DEL CAUDAL

1- DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA.

El canal pluvial ha encajonar, es un afluente de la Quebrada Palomo. La cuenca de este canal pluvial nace aproximadamente a unos 1.4 Km. de distancia, del punto en estudio, ubicado en la confluencia del canal pluvial con la Quebrada Palomo. El área de drenaje hasta este punto de control es de 61 hectáreas, con un desnivel de 87 metros y una pendiente de 0.055 (Ver en anexo, imagen de la delimitación de la cuenca de drenaje para el canal pluvial en cuestión).

2- La estimación del caudal de la cuenca, la efectuaremos por el **método racional**. Esto, debido a que el área de drenaje es menor de 250 hectáreas.

3- CÁLCULO DE CAUDALES, POR EL METODO RACIONAL:

$$QE = CIA / 360$$

En donde:

QE = Caudal máximo encontrado en m³ / s.

C = Coeficiente de escorrentía.

I = Intensidad de lluvia en mm / hora.

A = Área de drenaje en Has.

C = Coeficiente de rugosidad Manning.

RH = Área / Pm

SUPOSICIONES INCLUIDAS EN LA FÓRMULA RACIONAL:

- a- El porcentaje máximo de escurrimiento para una intensidad particular de una lluvia ocurre si la duración de la misma es igual o mayor que el tiempo de concentración.
- b- El porcentaje máximo de escurrimiento para una intensidad específica de lluvia con duración igual o mayor que el tiempo de concentración es directamente proporcional a la intensidad de la lluvia.
- c- La frecuencia de ocurrencia del escurrimiento máximo es la misma que la de la intensidad de la lluvia con la cual se calculó.
- d- El escurrimiento máximo por área unitaria disminuye conforme aumenta el área de drenaje y la intensidad de la lluvia disminuye conforme aumenta su duración.
- e- El coeficiente de escorrentía permanece constante en una cuenca, para todas las tormentas.

4- Coeficiente de escorrentía:

Se define como el porcentaje de lluvia, que aparece como escurrimiento directo. Utilizaremos un coeficiente de escorrentía promedio de 0.90, para la cuenca ya que el área de la misma posee considerables áreas de vegetación, de sabanas, áreas boscosas y se encuentra ubicada, en área urbana.

5- Coeficiente de rugosidad de Manning, se define dependiendo del tipo de superficie en contacto con el agua, utilizaremos un coeficiente de 0.013, por tratarse de la construcción de un cajón pluvial de concreto.

6- Intensidad de lluvia:

Utilizaremos las fórmulas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF), recomendadas por el Ministerio de Obras Públicas (MOP), para la vertiente del Pacífico del País, las cuales fueron desarrolladas de la recopilación de datos de lluvia desde 1921, hasta 1972. De este Estudio se generaron curvas (IDF), para períodos de retorno de 1:2, 1:5, 1:10, 1:20, 1:25, 1:30, y 1:50 años, las mismas continúan en uso (ver Gaceta Oficial No.24, 766).

$$i = \frac{K}{T_c + b}$$

En donde:

i = Intensidad de lluvia en pulg. / Hora.

T_c = Tiempo de concentración en minutos.

K y b = Constantes (dependen del período de retorno).

7- Período de retorno (P_r):

Se define como el intervalo de tiempo promedio, entre eventos que igualan o exceden una magnitud específica. Para período de retorno de 1:50 años los valores de k y b son 370 y 33, por lo tanto:

$$i = \frac{370}{T_c + 33} \text{ pulg. / Hora (1:50 años).}$$

8- Tiempo de concentración (tc):

Se define como el tiempo requerido, para que escurra el agua, desde el punto más distante de una cuenca, hasta el punto de control del flujo o caudal. Existen varias fórmulas para calcular el tiempo de concentración, utilizaremos la de Kirpich.

$$T_c = 0.0195 \left[\frac{L}{\sqrt{p}} \right]^{0.77}$$

En donde:

T_c = Tiempo de concentración en minutos.

L = Longitud de la cuenca en metros.

P = Pendiente promedio de la cuenca en m/m

9- TIEMPO DE CONCENTRACION (tc)

$$T_c = 0.0195 \left[\frac{1,400}{\sqrt{0.055}} \right]^{0.77} = 16.12 \text{ minutos.}$$

T_c = 16.12 minutos.

10- Período de retorno de 1:50 años:

$$I = \frac{370}{16.12 + 33} \times 25.40 = 191.16 \text{ mm / hora.}$$

$$QE = 0.90 \times 191.16 \times 61/360 = \mathbf{29.152 \text{ m}^3 / s.}$$

II. CÁLCULOS HIDRÁULICOS

A) CÁLCULO DE LA SECCIÓN HIDRAULICA ÓPTIMA PARA EL CAJÓN PLUVIAL PROPUESTO.

A.1) FORMULAS:

$$1) S = (E_I - E_F) / L_T$$

DONDE:

S= PENDIENTE DE LA QUEBRADA SIN NOMBRE.

E_I= ELEVACION INICIAL EN LA ESTACIÓN 0k + 310.

E_F= ELEVACION FINAL EN LA ESTACIÓN 0k + 460.

L_T= LONGITUD TOTAL DEL CANAL PLUVIAL EN EL TRAMO INDICADO.

$$2) Q = (1/N) * (R^{2/3}) * A * (S^{0.5})$$

DONDE:

Q= CAUDAL EN M³/SEG.

N= COEFICIENTE DE RUGOSIDAD.

R= RADIO HIDRAULICO EN METROS.

A= AREA HIDRAULICA METROS CUADRADOS.

S= PENDIENTE DE LA CANAL PLUVIAL.

$$4) R = A / P$$

DONDE:

R= RADIO HIDRAULICO EN METROS.

A= AREA HIDRAULICA EN METROS CUADRADOS.

P= PERIMETRO MOJADO EN METROS.

A.2) DATOS:

E_I= 24.12 M

E_F= 23.582 M

N= 0.013 (PARA CAJÓN PLUVIAL DE HORMIGÓN).

L= 150 M

B= 3.05 M (ANCHO PROPUESTO PARA EL CAJÓN PLUVIAL)

Q= 29.152 M³/ SEG.

A.3) CALCULO DE LA PENDIENTE LONGITUDINAL DEL CURSO DE AGUA.

La pendiente del canal pluvial existente, la calculamos en base al perfil levantado en campo por el centro de este:

- Estación: 0k + 310.00 (inicio del análisis).
- Elevación: 24.12 m.
- Estación: 0k + 460 (fin del análisis).
- Elevación: 23.582 m.

$$S_o = (24.12 - 23.582) / 150 = \mathbf{0.00359 \text{ m/m.}}$$

A.4) DETERMINACION DE LA Y_{MAX} PARA CAJÓN PLUVIAL

$$A = 3.05 \cdot Y$$

$$P = (2 \cdot Y) + 3.05$$

$$R = A/P$$

$$29.152 = (1/N) \cdot (R^{2/3}) \cdot A \cdot 0.00359^{.5}$$

POR NEWTON RAPHSON SE DETERMINA Y_{MAX}

$$\mathbf{Y_{MAX} = 2.219 \text{ M}}$$

A.5) CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE FLUJO

$$V = \text{Caudal de diseño} / (3.05 \cdot Y)$$

$$V = 29.152 / (3.05 \cdot 2.219)$$

$$\mathbf{V = 4.308 \text{ m/s}}$$

A.6) CÁLCULO DE DIMENSIONES DEL CAJÓN PLUVIAL.

$$Y_{MAX} / H \leq 0.80 \text{ (AASHTO) "En Donde"}$$

H = Altura del cajón proyectado.

$$Y_{MAX} / H \leq 0.80$$

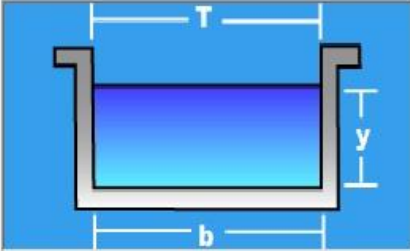
$$H = Y_{MAX} / 0.80 = 2.219 / 0.80 = 2.77 \text{ m. (mínimo)} \rightarrow \mathbf{2.80 \text{ m.}}$$

A.7) DIMENSIONAMIENTO DEL CAJÓN PLUVIAL UTILIZANDO LA APLICACIÓN HCANALES.

🇨🇴 Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar:	El Crisol	Proyecto:	conexión El Crisol - Villa Lucre
Tramo:	Estación 0+310 a 0+460	Revestimiento:	Concreto

Datos:	
Caudal (Q):	29.152 m ³ /s
Ancho de solera (b):	3.05 m
Talud (Z):	0
Rugosidad (n):	0.013
Pendiente (S):	0.00359 m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	2.2185 m	Perímetro (p):	7.4870 m
Área hidráulica (A):	6.7665 m ²	Radio hidráulico (R):	0.9038 m
Espejo de agua (T):	3.0500 m	Velocidad (v):	4.3083 m/s
Número de Froude (F):	0.9235	Energía específica (E):	3.1646 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico		

Como se puede apreciar, los resultados arrojados por la aplicación HCanales coinciden con los que se obtuvieron de forma manual. Adicionalmente, podemos señalar que tenemos un flujo subcrítico en el sistema.

A.8. CONCLUSIÓN

DIMENSIONES DEL CAJÓN

B= 3.05 m

H = 2.80 m

ANEXO. IMAGEN DE DELIMITACIÓN DE LA CUENCA DE DRENAJE

